

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 778 402

②① N° d'enregistrement national :

98 05884

⑤① Int Cl⁶ : C 04 B 14/48, E 21 B 33/14

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 11.05.98.

③① Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 12.11.99 Bulletin 99/45.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : *COMPAGNIE DES SERVICES
DOWELL SCHLUMBERGER SA Société anonyme —
FR.*

⑦② Inventeur(s) : BARET JEAN FRANCOIS et LE ROY
DELAGÉ SYLVAIN.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : ETUDES ET PRODUCTIONS
SCHLUMBERGER.

⑤④ COMPOSITIONS DE CIMENTATION ET APPLICATION DE CES COMPOSITIONS POUR LA CIMENTATION DES
PUITS PETROLIERS OU ANALOGUES.

⑤⑦ La présente invention a pour objet des compositions
de cimentation pour puits pétrolier ou analogues comportant
des fibres de renforcement en fonte métallique amorphe.
Les compositions selon l'invention présentent des proprié-
tés mécaniques améliorées, notamment du point de vue de
la résistance en traction et sont tout particulièrement adap-
tées à la cimentation de zones soumises à des contraintes
dynamiques extrêmes comme les zones de perforation et
les jonctions des branches d'un puits.

FR 2 778 402 - A1



A

**Compositions de cimentation et application
de ces compositions pour la cimentation
des puits pétroliers ou analogues**

5

La présente invention est relative aux techniques de forage de puits pétroliers, à gaz, à eau, géothermiques et analogues. Plus précisément, l'invention concerne des compositions de cimentation tout particulièrement adaptée à la cimentation de zones soumises à des contraintes dynamiques extrêmes.

- 10 De façon générale, un puits dont la profondeur dépasse quelques centaines de mètres est cuvelé et l'annulaire entre la formation souterraine et le cuvelage ou casing est cimenté sur tout ou partie de sa hauteur. La cimentation a pour fonction essentielle de supprimer les échanges de fluides entre les différentes couches de formation traversées par le forage et de contrôler les entrées de fluide dans le puits, notamment en limitant les entrées d'eau. Au niveau des zones
- 15 productrices, le cuvelage - ainsi que le ciment et la formation sur une profondeur de plusieurs centimètres - sont perforés.

- Le ciment placé dans l'annulaire d'un puits de pétrole est soumis à de nombreuses contraintes tout au long de la vie du puits. La pression à l'intérieur du cuvelage peut augmenter ou décroître parce que le fluide qui le remplit change ou une pression supplémentaire est
- 20 appliquée dans le puits, comme lors du remplacement du fluide de forage par un fluide de complétion ou d'une opération de stimulation. Une modification de température crée aussi une contrainte sur le ciment au moins dans la période transitoire qui précède l'équilibre des températures entre acier et ciment. Dans la plupart des cas ci-dessus le processus de contrainte est suffisamment lent pour être traité en processus statique.

- 25 Toutefois, il existe d'autres mises sous contrainte du ciment qui sont de type dynamique soit parce qu'elles se produisent pendant un temps très court ou parce qu'elles sont soit périodiques, soit tout au moins répétitives. Les perforations introduisent non seulement une surpression de plusieurs centaines de bars à l'intérieur du puits qui se dissipe sous forme d'une onde de choc. De plus, les perforations créent un choc là où le projectile pénètre le ciment et
- 30 ce choc soumet la zone entourant le trou, sur plusieurs mètres de long à des efforts importants.

Un autre processus, maintenant très commun dans les opérations pétrolières, créateur de contraintes dynamiques pour le ciment, est l'ouverture d'une fenêtre dans un cuvelage déjà cimenté pour la création d'un puits latéral. Le fraisage de l'acier sur une hauteur de quelques mètres suivi du forage du trou latéral soumet le ciment à des chocs et à des vibrations qui

5 l'endommagent le plus souvent de façon irréversible.

La présente invention a pour but de nouvelles formulations notamment pour la cimentation des régions de puits pétroliers ou analogues soumises à des contraintes dynamiques extrêmes comme les zones de perforation et les jonctions des branches d'un puits latéral.

Dans le domaine de la construction de bâtiment et celui du génie civil, il est bien connu de

10 renforcer du ciment avec des fibres. Citons notamment l'exemple des fibres d'amiante ou de verre pour le renforcement de matériaux minces notamment en plaque. Les fibres polymères, en polypropylène ou Nylon, ou encore les fibres carbone pour les applications avec des spécifications particulièrement exigeantes, sont ainsi d'un emploi courant notamment dans les techniques de béton projeté et les traitements de façade.

15 Dans le domaine des ciments pétroliers, quelques publications ont suggéré l'emploi de fibres minérales (US 5,421,409) notamment de fibres d'amiante (SU 1,010,253) ou autres fibres couramment utilisées pour la construction ou le génie civil (SU 1,006,713). Dans un article de mai 1995, VAN VLIET, VAN KLEEF, SMITH, PLOMPEN, KUIJEVENHOVEN, QUARESMA et RAITURKAR VLIET et al ont suggéré l'emploi de ciments comportant des

20 fibres synthétiques, notamment des fibres polypropylène ou de Nylon pour gainer des puits pétroliers. Cet article suggère également l'emploi de ces mêmes fibres synthétiques pour des applications telles que la réalisation de bouchons ou comme colmatant contre les pertes de circulation.

La présente invention a pour objet l'obtention de ciments pétroliers renforcés par des fibres

25 présentant des propriétés améliorées de résistance en traction. Ce problème est résolu selon l'invention par l'addition de fibres en fonte métallique amorphe.

Les fibres en fonte métallique amorphe sont connues par exemple du US 4,520,859 et sont obtenues par coulée d'un fin ruban de métal en fusion sur un tambour froid. Le refroidissement rapide empêche la cristallisation et le métal se solidifie sous forme d'un matériau amorphe. Les

30 fibres les plus longues donnent les meilleurs résultats du point de vue de la résistance en

traction. On préférera ainsi les fibres d'au moins 5 mm de long. Par ailleurs, compte tenu que la largeur de l'annulaire à cimenter dans un puits pétrolier est généralement de l'ordre de 30 mm, on se limitera à des fibres d'au plus 15 mm.

5 Les fibres en fonte métallique amorphe sont ajoutées au coulis de ciment selon l'invention à raison de 0,5 à 25% en poids de fibres par rapport au poids de ciment, c'est à dire typiquement avec des concentrations en fibres dans le coulis de l'ordre de 10 à 200 kg/m³, de préférence comprise entre 75 et 150 kg/m³. Pour les concentrations les plus élevées, on utilisera de préférence des mélanges de fibres courtes et longues qui présentent les avantages des fibres courtes du point de vue de la pompabilité et ceux des fibres longues du point de vue de la
10 résistance en traction.

Comme il a été montré notamment dans la demande de brevet français 97 11821 déposée le 23 septembre 1997 au nom de la demanderesse, le risque de rupture d'une gaine de ciment par suite d'une augmentation de la pression et ou de la température dans le puits est directement lié à la valeur de la résistance à la traction du ciment et est atténué lorsque le rapport entre la
15 valeur de la résistance à la traction du ciment et la valeur de son module de Young. Il est rappelé que plus un matériau est flexible, plus son module de Young est petit.

Lorsque l'augmentation de la température ou de la pression persiste, la détérioration de la gaine peut également être provoquée par l'action des contraintes radiales s'exerçant sur la gaine, contraintes qui sont en compression.

20 De ces travaux, il ressort que tout additif visant à l'amélioration des propriétés mécaniques d'une gaine de ciment doit conduire à un ciment ayant à la fois une résistance à la traction et à la compression améliorées, une grande flexibilité et un rapport plus grand entre la résistance du ciment (en traction et en compression) et son module de Young. Il est particulièrement remarquable que tel est bien le cas avec des systèmes comportant des fibres en fonte métallique
25 amorphe.

Les fibres en fonte métallique amorphe peuvent être ajoutées à des coulis conventionnels à base de ciment Portland mais aussi à des coulis de cimentation spéciaux comme par exemple des coulis à base de ciment alumineux.

La présente invention est illustrée par les exemples qui suivent.

Exemple 1 : sélection des fibres.

L'influence de différentes fibres sur des propriétés mécaniques de coulis de ciment a été étudiée sur des systèmes obtenus dans des conditions normales de température et de pression (température et pression du laboratoire).

- 5 Les coulis sont préparés à partir d'un coulis de référence d'une densité de 16,4 lb/gal(US) (19,372 g/cm³) ciment, avec une porosité de 55,18%. Le ciment est un ciment Dickerhoff North classe G. Les coulis sont préparés en présence d'un agent de suspension à une concentration de 0,4% BWOC (BWOC étant l'abréviation de 'by weight of cement', par poids de ciment) et d'un agent anti-mousse à une concentration de 0,03 gps (gallons par sac de ciment de 94 livres ; une concentration de 0,1 gps correspond à 0,90 litre d'agent anti-mousse pour 100 kg de ciment). L'agent de suspension est ajouté à l'eau de mélange et mixé à 4000 tours minute pendant 5 minutes avant d'ajouter le ciment.

Dans les conditions normales de température et de pression (température et pression ambiante), la rhéologie du coulis, mesurée dans les conditions recommandées par l'API

- 15 (American Petroleum Institute) est la suivante

Rhéologie immédiatement après le mélange			Rhéologie après 20 minutes de conditionnement à la température ambiante		
Viscosité plastique	Seuil de cisaillement		Viscosité plastique	Seuil de cisaillement	
[mPa.s]	[lb/100ft ²]	[Pa]	[mPa.s]	[lb/100ft ²]	[Pa]
41,0	52,4	25,1	70,5	58,1	27,8

Ce coulis de référence a été optimisé de façon à présenter un seuil de cisaillement relativement élevé favorisant le maintien en suspension de fibres. Celles-ci sont ajoutées au coulis de base dans un mélangeur de type Vortex, sous agitation à petite vitesse.

- 20 Les caractéristiques des fibres utilisées sont les suivantes :

Type de fibres	Longueur mm
Polypropylène	12
Nylon	12
Ruban en fonte métallique amorphe	5, 10 ou 15 mm

Les fibres ou ruban de fonte métallique amorphe sont disponibles sous la marque Fibriflex auprès de la société SEVA, Chalon-sur-Saône, France.

Après quelques jours de prise, on a mesuré les propriétés mécaniques sur des éprouvettes de type barreaux 16 cm x 4 cm x 4 cm (tests de résistance en flexion) ou cubes de 5 cm (2
5 pouces) d'arêtes (tests de résistance en compression).

Les résultats sont présentés aux tableaux I et II dans lesquels cc est le poids de fibres ajoutées (en grammes par litre de coulis de base). Le tableau I concerne la résistance en flexion (module de rupture en flexion MR et le module de Young en flexion E_f). Le tableau II concerne la
10 résistance en compression (résistance à la compression CS et le module de Young en compression E_c).

La mesure de la résistance en flexion nécessite un équipement plus simple que celle de la résistance en traction à laquelle elle peut être corrélée. De façon empirique, on estime que la résistance en flexion est deux fois plus grande que la résistance en traction.

Tableau I

Type de fibres ajoutées	Temps de prise (jours)	cc (g/l)	volume (cm ³ /l)	MR (MPa)	E_f (MPa)	MR/ E_f (x 1000)
aucunes	3	0	0	3,70	2848	1,32
Polypropylène	3	17	18,9	4,35	5003	0,87
Polypropylène	3	9	10	5,34	4917	1,10
Nylon	5	8	6,7	5,38	4702	1,20
Nylon	5	17	15,2	5,25	4896	1,10
Nylon	5	33	29,5	6,07	4509	1,35
Fonte 10 mm	3	142	19,7	10,53	4231	2,62
Fonte 10 mm	5	71	9,9	9,81	5086	1,93
Fonte 5 mm	5	142	19,7	9,30	4638	2,01

Tableau II

Type de fibres ajoutées	Temps de prise (jours)	cc (g/l)	volume (cm ³ /l)	CS (MPa)	E _c (MPa)	CS/ E _c (x 1000)
aucunes	5	0	0	32,08	6616	4,90
Polypropylène	3	17	18,9	18,81	5520	3,41
Polypropylène	3	9	10	22,39	5241	4,27
Nylon	5	8	6,7	30,66	6530	4,72
Nylon	5	17	15,2	26,95	5927	4,55
Nylon	5	33	29,5	23,47	4859	4,83
Fonte 10 mm	3	142	19,7	27,72	7492	3,70
Fonte 10 mm	5	71	9,9	34,36	7068	4,90
Fonte 10 mm	5	35	4,9	35,67	6407	5,61

En l'absence de fibres de renforcement, le ciment témoin a une résistance en flexion de moins de 4 MPa, soit une résistance en traction de l'ordre de 2 MPa seulement, 16 fois plus faibles que la résistance en compression. On peut donc s'attendre à ce que des ciments placés dans des conditions de contraintes particulièrement contraignantes sont détériorés avant tout par l'action des contraintes s'exerçant en traction ou en compression.

Les fibres synthétiques améliorent le module de rupture en flexion - et donc également le module de rupture en traction. Une légère dégradation de la résistance en compression est constatée, et d'autant plus importante que la quantité de fibres ajoutée est grande. Dans tous les cas, le rapport MR/E_F est plus faible avec les ciments renforcés par des fibres synthétiques qu'avec le ciment net témoin.

Le gain en résistance en flexion est bien supérieur avec les fibres en fonte métallique amorphe, où on obtient finalement un module de résistance en flexion de l'ordre de 10 MPa soit près de trois fois plus résistant que le ciment témoin alors que les fibres synthétiques permettent au mieux d'atteindre une résistance en flexion voisine de 6 MPa, et avec un volume de fibres beaucoup plus important, donc a priori, avec des plus grandes difficultés de mise en oeuvre lors du pompage dans l'annulaire du puits. A noter de plus que les formulations présentées dans ces tableaux ne sont pas optimisées.

Plus remarquable encore, cette plus grande résistance en traction n'est pas accompagnée par une diminution de la flexibilité, mais au contraire celle-ci est accrue. Par conséquent, le rapport entre la résistance en flexion et le module de Young en flexion est plus grand.

- 5 L'ajout de fibres synthétiques a pour conséquence une diminution de la résistance en compression, avec une diminution d'autant plus grande que la quantité ajoutée de fibres est grande. Avec les fibres en fonte métallique amorphe, la diminution de la résistance à la compression n'apparaît que pour les très fortes concentrations en fibres. Avec des concentrations plus faibles, on obtient au contraire une plus grande résistance à la compression.

10 Exemple 2 : effet de la longueurs des fibres.

L'influence de la longueur des fibres en fonte métallique amorphe a été étudiée. Le ciment de référence ainsi que les conditions de température et de pression sont les mêmes que pour l'exemple 1. Le temps de prise est de 3 jours pour les tests en flexion et de 6 jours pour les tests de résistance à la compression. Les fibres ont été ajoutées à raison de 142 g/l.

Longueur des fibres	Résistance en flexion			Résistance en compression		
	MR (MPa)	E _f (MPa)	MR/ E _f (x 1000)	CS (MPa)	E _c (MPa)	CS/E (x 1000)
15 mm	11,48	4386	2,70	28,34	5444	5,28
10 mm	10,53	4231	2,62	30,48	6156	4,97
5 mm	9,30	4638	2,01	36,20	7571	4,79
aucunes	3,70	2848	1,32	29,65	5139	5,85

- 15 La résistance en flexion augmente avec la longueur des fibres alors que la résistance en compression diminue très légèrement, tout en restant à un niveau élevé et bien supérieur à celui de la résistance en flexion.

20 Exemple 3 : résistance aux chocs.

Des tests d'impact sont réalisés sur des éprouvettes de ciment. Ces tests consistent à laisser tomber un projectile d'une hauteur d'1 mètre sur des disques de ciment pris. Les disques sont

circulaires de diamètre 70 mm et d'épaisseur 10 mm. La charge dynamique est mesurée et enregistrée en fonction du temps.

- Le ciment de référence, sans fibres, a un comportement de matériau fragile et l'énergie absorbée par l'éprouvette est estimée inférieure à 10 Joules. Les éprouvettes de ciment renforcé par des fibres de fonte métallique amorphe ont un comportement au choc nettement amélioré comme le montre le tableau suivant.

Longueur des fibres (mm)	Concentration (g/l)	Energie (Joules)
5	30	19.2
5	100	60.6
15	30	23.5
15	100	59.9

Ce bon comportement au choc est tout particulièrement intéressant pour la cimentation des puits multilatéraux.

10 Exemple 4 : prises du ciment dans les conditions d'un puits.

On a recommencé les tests en se plaçant dans des conditions de température et de pression proches des conditions courantes de température et de pression dans un puits, soit à 170 °F - 77 °C et 3000 psi - 20,68 MPa.

- Le coulis de base a pour densité 16,4 lb/gal(US) (19,372 g/cm³) ciment et une porosité de 55,26%. Il est préparé avec un ciment Dickerhoff North classe G et contient en outre 0,3% BWOC d'agent de suspension, 0,03 gps d'agent anti-mousse et 0,06 gps d'une solution d'un lignosulfonate modifié agissant comme retardateur de la prise du ciment.

La rhéologie du coulis, mesurée dans les conditions recommandées par l'API (American Petroleum Institute) est la suivante :

Rhéologie immédiatement après le mélange à 20 °C		Rhéologie après 20 minutes de conditionnement à 77 °C		Caractéristique du coulis	
Viscosité plastique	Seuil de cisaillement	Viscosité plastique	Seuil de cisaillement	Eau libre	Temps d'épaississement
[mPa.s]	[Pa]	[mPa.s]	[Pa]	[ml]	[mm]
91,6	9,0	61,5	39,8	1,5	228

- Après 3 jours dans une enceinte à 77 °C -20,68 MPa, on mesure la résistance en flexion des barreaux. Pour ce test, on a de plus indiqué la quantité d'énergie dégagée à la rupture (obtenue par intégration de la courbe charge-déplacement, pour un déplacement compris entre 0 et le déplacement au maximum de la charge (c'est à dire au moment de la rupture)).

longueur des fibres	cc (g/l)	Concentration en fibres (BWOC)	MR (MPa)	E _F (MPa)	MR/ E _F (x 1000)	Energie (J)
-	0	0%	8,24	5147	1,64	0,058
5 mm	50	3,5%	6,34	5230	1,21	0,032
5 mm	142	10%	8,45	4629	1,87	0,092
10 mm	50	3,5%	6,34	4797	1,33	0,038
10 mm	142	10%	12,53	4799	2,66	0,260
15 mm	50	3,5%	10,93	5516	2,16	0,307
15 mm	142	10%	15,00	4491	3,41	0,734

- Les résultats obtenus dans les conditions de température et de pression d'un puits confirment pour l'essentiels les résultats obtenus dans les conditions normales de température et de pression. Quelle que soit la concentration ou la longueur des fibres, le module de Young reste compris entre 4500 et 5500 MPa. A noter toutefois que les valeurs figurant dans le tableau ci-dessus sont des valeurs moyennes, avec d'assez grandes variations suivant les échantillons.

- A 50 g/l, il n'y a peu de différences entre les fibres de 5 et de 10 mm. A concentration plus élevée, les fibres de 10 mm sont nettement supérieures aux fibres plus courtes. Quelle que soit la concentration, les fibres de 15 mm donnent une plus grande résistance en traction.

Exemple 5 : tests avec un ciment alumineux.

- Pour ce test, on a comparé une éprouvette témoin préparée à partir d'un ciment alumineux comportant 40% d'alumine (type Ciment Fondu, commercialisé par Lafarge, France), avec ou sans fibres de fonte métallique de 15 mm de long. Les barreaux sont placés dans une enceinte pressurisée à 3000 psi - 20,68 MPa pendant 4 jours à 24 °C.

Concentration en fibres (g/l)	Densité (g/cm ³)	MR (MPa)	E _F (MPa)	MR/ E _F (x 1000)	Energie (J)
0	1,65	4,19	3397	1,26	0,019
30	1,73	5,52	3796	1,49	0,032

On vérifie que l'addition de fibres améliore sensiblement le comportement en flexion, sans trop dégrader le module de Young de sorte que le rapport MR/ E_F est plus grand avec les ciments selon l'invention.

10 Exemple 6 : effet de la concentration en fibres.

On a étudié l'influence de la concentration en fibres. Le coulis de base d'une densité de 16,4 lb/gal(US) (19,372 g/cm³) est préparé avec un ciment Dickerhoff North classe G et une porosité de 55,18%. Le coulis contient en outre 0,4% BWOC d'agent de suspension et 0,03 gps d'agent anti-mousse.

- 15 La rhéologie du coulis est la suivante :

Rhéologie immédiatement après le mélange		Rhéologie après 20 minutes de conditionnement		Eau libre
Viscosité plastique	Seuil de cisaillement	Viscosité plastique	Seuil de cisaillement	
[mPa.s]	[Pa]	[mPa.s]	[Pa]	[ml]
58,5	22,8	79,0	27,2	2

- Le comportement en flexion est mesuré après 5 jours de prise dans les conditions normales de température et de pression, les données sont rassemblées dans les tableaux ci-après. La figure 1 représente le déplacement du barreau en fonction de la charge exercée lors du test de flexion pour des ciments contenant des fibres de 15 mm.

On considère que la rupture du ciment se produit au maximum de la courbe charge-déplacement. Avec les ciments comportant des fibres de renforcement, on constate d'une part

une augmentation très significative de la charge correspondant à ce maximum et d'autre part un comportement post-rupture très différent, le réseau formé par les fibres maintenant une certaine cohésion de la matrice et empêchant ainsi une casse brutale.

5 Fibres de 15 mm

Concentration en fibres (g/l)	Concentration en fibres (BWOC)	MR (MPa)	E _F (MPa)	MR/ E _F (x 1000)	Energie (J)
0	0%	3,70	2848	1,32	0,049
15	1%	4,74	4359	1,10	0,048
30	2%	4,98	3078	1,60	0,256
60	4%	7,53	3103	2,46	0,447
75	5%	9,63	3376	2,86	0,517
100	7%	10,10	3122	3,24	0,840
142	10%	11,48	4386	2,70	0,358

Fibres de 5 mm

Concentration en fibres (g/l)	Concentration en fibres (BWOC)	MR (MPa)	E _F (MPa)	MR/ E _F (x 1000)	Energie (J)
0	0%	3,70	2848	1,32	0,049
15	1%	4,05	3063	1,32	0,052
30	2%	4,22	3127	1,35	0,053
60	4%	5,53	3498	1,59	0,081
75	5%	5,58	3096	1,8	0,136
100	7%	6,15	3335	1,84	0,118
142	10%	7,52	3674	2,05	0,255

La résistance en flexion croît régulièrement avec la concentration en fibres. Sauf peut-être dans le cas d'une très forte concentration en fibres longues, le module de Young est peu affecté par la concentration en fibres (l'interprétation de ses résultats est peu aisée compte tenu de la dispersion des mesures).

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des fibres de 15 mm de long, avec une concentration en fibres de 100 g/l pour laquelle le rapport entre la résistance mécanique en flexion et le module de Young est d'environ 2,5 fois le rapport obtenu avec le coulis de référence sans fibres.

Exemple 7 : mélange de fibres.

Les tests précédents ont montré la supériorité des fibres de 15 mm, à des concentrations de l'ordre de 100 kg/m^3 . Toutefois, pompé un coulis avec une telle concentration de fibres relativement longues s'est avéré impossible avec certaines configurations de pompes.

- 5 Un nouvel essai a été mené avec un coulis comportant un mélange de fibres de 5 et de 15 mm. Pour ce test de pompabilité, le coulis de ciment a été remplacé par une boue à l'eau formée d'une suspension d'argile dans de l'eau, avec une viscosité de 51 mPa.s et un seuil de cisaillement de 33,5 Pa ce qui constitue une rhéologie très élevée.

- 10 Avec une pompe de type Triplex, communément utilisée sur les champs pétroliers, un coulis de ciment comportant 15 kg/m^3 de fibres de 15 mm entraîne des 'tousotements' de la pompe. On ne réussit pas à pomper un coulis comportant 30 kg/m^3 de fibres de 15 mm. Par contre, on pompe sans problème un fluide comportant 90 kg/m^3 de fibres de 5 mm.

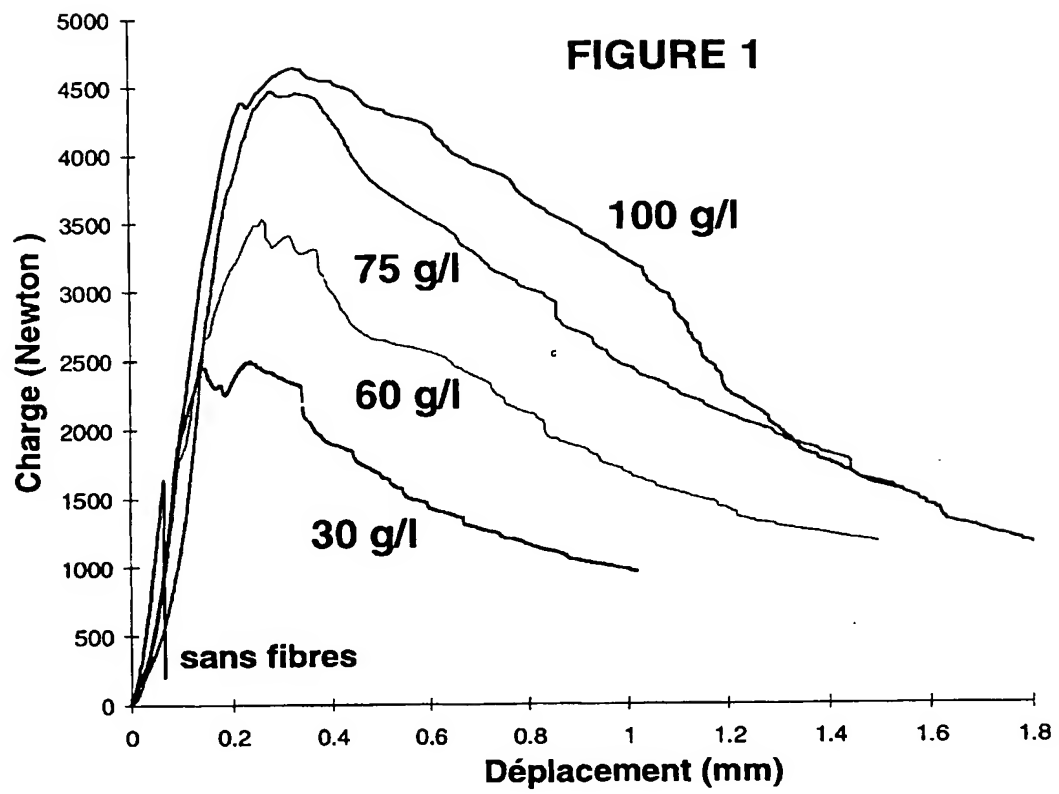
- 15 Dans un second temps, on ajoute au fluide contenant déjà 90 kg/m^3 de fibres de 5 mm, 60 kg/m^3 de fibres de 15 mm. Malgré la concentration en fibres de 150 kg/m^3 , le pompage ne pose pas de difficultés.

Les ciments comportant un mélange de fibres courtes et longues présentent un comportement mécanique lié à la concentration en fibres longues comme on peut le constater en comparant les valeurs du tableau ci-dessous avec les valeurs de résistance à la flexion obtenues pour l'exemple 5.

Fibres 5 mm (g/l)	Fibres 15 mm (g/l)	MR (MPa)	E_F (MPa)	MR/ E_F (x 1000)	Energie (J)
0	0	3,21	3035	1,08	0,0325
15	15	3,93	3175	1,27	0,0831
15	30	6,16	3025	2,03	0,2728
15	60	8,82	4014	2,30	0,5509

Revendications

1. Composition de cimentation pour puits pétrolier ou analogues comportant des fibres de renforcement en fonte métallique amorphe.
2. Composition de cimentation selon la revendication 1, caractérisée en ce que les dites fibres ont une longueur comprise entre 5 et 15 mm.
3. Composition de cimentation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la concentration en fibres est comprise entre 10 et 200 kg/m³ de coulis de ciment.
4. Composition de cimentation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comporte un mélange de fibres de 5 mm et de fibres de 15 mm.
5. Composition de cimentation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre un agent de suspension.
6. Application des compositions de cimentation selon l'une des revendications 1 à 4 à la cimentation de soumise à des contraintes dynamiques extrêmes comme les zones de perforation et les jonctions des branches d'un puits.



INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 556752
FR 9805884

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	FR 2 692 885 A (SANDOZ SA) 31 décembre 1993 * page 2, ligne 4 - ligne 28 * * page 4, ligne 4 - ligne 12 * * revendications 1,10-13 *	1-3
A	FR 2 710 334 A (SEVA) 31 mars 1995 * le document en entier *	1
A	US 3 774 683 A (SMITH D ET AL) 27 novembre 1973 * colonne 2, ligne 36 - colonne 3, ligne 2 * * colonne 4, ligne 44 - colonne 5, ligne 50 * * revendication 1 *	1,2
D,A	US 5 421 409 A (MUELLER DAN T ET AL) 6 juin 1995 * le document en entier *	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		C04B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
7 janvier 1999		Puetz, C
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		